

⑤

Int. Cl. 2:

**G 01 F 23/28**

① **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



**DE 28 39 634 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 28 39 634**

⑫

Aktenzeichen: P 28 39 634.1

⑬

Anmeldetag: 12. 9. 78

⑭

Offenlegungstag: 22. 3. 79

③

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

13. 9. 77 Großbritannien 38016-77

⑤④

Bezeichnung: Flüssigkeitsstand-Meßgerät

⑦①

Anmelder: The Marconi Co. Ltd., Chelmsford, Essex (Großbritannien)

⑦④

Vertreter: Manitz, G., Dipl.-Phys. Dr.rer. nat.;  
Finsterwald, M., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Grämkow, W., Dipl.-Ing.;  
Pat.-Anwälte, 8000 München u. 7000 Stuttgart

⑦②

Erfinder: Langdon, Roger Martin, Sible Hedingham, Essex (Großbritannien)

**DE 28 39 634 A 1**

## MANITZ, FINSTERWALD &amp; GRÄMKOW

THE MARCONI COMPANY LIMITED  
Marconi House, New Street  
Chelmsford, Essex,  
England

DEUTSCHE PATENTANWÄLTE  
DR. GERHART MANITZ · DIPL.-PHYS.  
MANFRED FINSTERWALD · DIPL.-ING., DIPL.-WIRTSCH.-ING.  
WERNER GRÄMKOW · DIPL.-ING.  
DR. HELIANE HEYN · DIPL.-CHEM.  
BRITISH CHARTERED PATENT AGENT  
JAMES G. MORGAN · B. SC. (PHYS.), D. M. S.  
ZUGELASSENE VERTRETER BEIM EUROPÄISCHEN PATENTAMT  
REPRESENTATIVES BEFORE THE EUROPEAN PATENT OFFICE  
MANDATAIRES AGRÉÉS PRES L'OFFICE EUROPÉEN DES BREVETS

München, den  
P/3/Pr-M 3295

12. Sep. 1978

---

Flüssigkeitsstand-Meßgerät

---

- P a t e n t a n s p r ü c h e -

1. Flüssigkeitsstand-Meßgerät, dadurch gekennzeichnet, daß ein teilweise in eine Flüssigkeit eintauchbares längliches Element vorgesehen ist, daß eine Aussendeeinrichtung für Biegewellen in Berührung mit dem länglichen Element zum Aussenden von Biegewellen längs des Elements vorgesehen ist, daß eine Empfangseinrichtung für Biegewellen in Berührung mit dem länglichen Element zum Erfassen der Biegewellen vorgesehen ist und daß eine mit der Aussendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung gekoppelte Einrichtung zum Bestimmen des Maßes, bis zu dem das längliche Element in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, in Abhängigkeit von einer Fortpflanzungscharakteristik der Biegewellen vorgesehen ist.

909812/0986

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Bestimmen des Eintauchmaßes des länglichen Elementes in einer Flüssigkeit einen Phasendetektor zum Vergleichen der Phase der Biegewellen an der Aussendeeinrichtung mit der Phase der Biegewellen an der Empfangseinrichtung enthält.
3. Gerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmungseinrichtung so ausgelegt ist, daß sie eine für die Laufzeit einer an der Sendeeinrichtung ausgesandten und von der Empfangseinrichtung aufgenommenen Biegewellen repräsentative Phasendifferenz mißt.
4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein digitaler Phasendetektor zur Messung der Phasendifferenz ausgelegt ist und daß er in Abhängigkeit davon eine Anzeige des Maßes ergibt, bis zu dem das längliche Teil in die Flüssigkeit eingetaucht ist.
5. Gerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das längliche Element die Form eines Hohlzylinders mit im Inneren angebrachten Biegewellen-Übertragern besitzt, wobei letztere die Aussendeeinrichtung und die Empfangseinrichtung bilden.
6. Gerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Bestimmen des Eintauchmaßes des länglichen Elementes in einer Flüssigkeit zum Überwachen einer Phasendifferenz zwischen der Aussendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung ausgelegt ist, wobei die Differenz für Resonanzmoden in dem länglichen Element repräsentativ ist.
7. Gerät nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das längliche Element zur direkten Berührung mit der Flüssigkeit ausgelegt ist.

8. Gerät nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß das längliche Element mit einer Be-  
schichtung aus einem Material wie PTFE versehen ist.

Die Erfindung betrifft ein Flüssigkeitsstand-Meßgerät. Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines solchen Gerätes, bei dem die Verwendung von beweglichen Teilen zum Erfassen des Flüssigkeitsstandes vermieden ist, so daß sich eine verbesserte Betriebs-Zuverlässigkeit ergibt.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung umfaßt ein Flüssigkeitsstand-Meßgerät ein zum teilweisen Eintauchen in eine Flüssigkeit geeignetes längliches Element, eine mit dem länglichen Element in Berührung stehende Biegewellenaussendeeinrichtung zur Erzeugung von Biegewellen längs des Elementes, eine Biegewellenempfangseinrichtung in Berührung mit dem länglichen Element zum Erfassen der Biegewellen und eine mit der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung gekoppelte Einrichtung, die in Abhängigkeit von einer Fortpflanzungscharakteristik der Biegewellen die Eintauchlänge des länglichen Elementes in einer Flüssigkeit bestimmt.

Vorzugsweise umfaßt die Einrichtung zum Bestimmen der Eintauchlänge des länglichen Elementes in einer Flüssigkeit einen Phasendetektor zum Vergleich der Phase der Biegewellen an der Sendeeinrichtung mit der Phase der Biegewellen an der Empfangseinrichtung.

Die Bestimmungseinrichtung kann so angeordnet sein, daß sie eine Phasendifferenz mißt, die die Übergangszeit einer von der Sendeeinrichtung ausgesandten und von der Empfangseinrichtung erfaßten Biegewelle repräsentiert. Die Wellenlänge einer längs eines länglichen Elementes wandernden Biegewelle wird durch das Medium beeinflusst, in dem das Element sich befindet. Insbesondere ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in dem unterhalb des Flüssigkeitsspiegels befindlichen Abschnitt des länglichen Elementes herabgesetzt, und die Länge der Durchlaufzeit ist ein Maß für die Eintauchlänge in der Flüssigkeit.

Vorzugsweise ist in einem solchen Gerät, das auf der Messung der Übergangszeit beruht, ein Digital-Phasendetektor angeordnet, um die Phasendifferenz zu messen und davon abhängig eine Anzeige der Höhe der Flüssigkeit zu schaffen, in der das längliche Element teilweise eingetaucht ist.

Vorzugsweise besitzt das längliche Element die Form eines Hohlzylinders mit innen angebrachten Biegewellenübertragern, die die Sende- und die Empfangseinrichtung bilden.

Alternativ kann die Einrichtung zur Bestimmung des Anteils, mit dem das längliche Element in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, dazu eingerichtet sein, eine Phasendifferenz zwischen der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung zu überwachen, die für Resonanzen in dem länglichen Element repräsentativ ist. Wenn das längliche Element in Abhängigkeit von der Frequenz der durch die Sendeeinrichtung abgegebenen Biegewellen durch Resonanzen geht, erfährt die Phase an der Empfangseinrichtung einen abrupten Wechsel von einem ersten auf einen zweiten Wert und die Frequenz der Biegewelle kann so beeinflusst werden, daß eine Phasendifferenz an der Sendeeinrichtung in Bezug auf die Empfangseinrichtung auf einem Zwischenwert gehalten wird, so daß eine Resonanz aufrechterhalten bleibt. Da sich die Eintauchlänge des länglichen Elementes bei Änderung des Flüssigkeitsstandes ändert, ändert sich auch die Oszillationsfrequenz der Biegewelle, die zur Aufrechterhaltung der Resonanz nötig ist und die Größe der Frequenzänderung ist ein Maß für die Veränderung des Flüssigkeitsstandes.

Das längliche Element kann so angeordnet sein, daß es direkt in Berührung mit der Flüssigkeit kommt, es kann jedoch auch mit einer Beschichtung, beispielsweise aus PTFE (Polytetrafluoräthylen) versehen sein.

Die Erfindung wird nachfolgend beispielsweise anhand der Zeichnung näher erläutert; in der Zeichnung zeigt:

- Figur 1 und 2 je eine Ausführungsform eines auf der Messung der Übergangszeit beruhenden Flüssigkeitsstand-Meßgerätes,
- Figur 3 in schematischer Form eine in Verbindung mit den Ausführungen nach Figur 1 zur Anzeige eines Flüssigkeitsstandes benutzte Schaltung und
- Figur 4 ein auf Resonanzmessung beruhendes Flüssigkeitsstand-Meßgerät.

Biegewellen können in einer steifen, normalerweise aus Metall bestehenden Platte dadurch erzeugt werden, daß senkrecht zur Oberfläche der Platte mittels eines Übertragers, der beispielsweise ein piezo-elektrischer oder ein elektromagnetischer Übertrager sein kann, eine Schubkraft erzeugt wird. Wenn der Übertrager durch eine Sinusspannung einer bestimmten Frequenz erregt wird, pflanzt sich die entsprechende Sinusbewegung der Plattenoberfläche von dem Übertrager weg fort; dies geschieht mit einer charakteristischen Geschwindigkeit, die von der Stärke der Platte, der Betriebsfrequenz und gewissen Materialkonstanten abhängig ist. Wenn die Platte in einer Flüssigkeit untergetaucht wird, wird die Biegewellenbewegung mit verringerter Wellengeschwindigkeit aufrechterhalten, es tritt eine Übertragung der Wellenenergie auf die Flüssigkeit in einem gewissen Ausmaß ein und dadurch wird eine Dämpfung der Biegewellen verursacht. Wenn man die Laufzeit einer Biegewelle längs einer Metallplatte von einem Aussende-Übertrager bis zu einem Empfangsübertrager kennt, kann so die Eintauchtiefe bestimmt werden. Die Zykluszeit der Biegewelle sollte größer als die durch das Eintauchen erzeugte Veränderung der Laufzeit sein, so daß die relative Phase zwischen den beiden Übertragern sich um weniger als  $2\pi$  in Folge des Eintauchens ändert. In diesem Fall kann die Phasenänderung eindeutig auf die Eintauchtiefe bezogen werden.

Nach Figur 1 ist ein Sendeübertrager 1 in der Nähe eines Endes eines dünnen, U-förmigen Metallstreifens 2 angebracht. Ein

Empfangsübertrager 3 ist in der Nähe des anderen Endes des Metallstreifens 2 angebracht und ein Dämpfungsklotz ist an dem einen Ende des Metallstreifens 2 unmittelbar über dem Sendeübertrager 1 angeklemt. Durch den Sendeübertrager werden längs des Metallstreifens 2 Biegewellen mit fester Frequenz erzeugt und diese werden durch den Empfangsübertrager 3 aufgenommen. Wenn der Metallstreifen 2 teilweise, beispielsweise bis zu der durch die Linie 5 angezeigten Höhe in eine Flüssigkeit eingetaucht wird, wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Biegewellen in dem unterhalb des Flüssigkeitsstandes 5 befindlichen Teil des Metallstreifens verringert und die Gesamtlaufzeit der Biegewelle zwischen Sende- und Empfangsübertrager erhöht sich in Abhängigkeit von der Eintauchtiefe. Die Verlängerung der Laufzeit oder der Fortpflanzungszeit kann als eine Phasenänderung der Biegewellen an den Sende- und Empfangsübertragern in der später mit Bezug auf Figur 3 beschriebenen Weise gemessen werden.

Bei einer alternativen Aufbauform nach Figur 2, die eine robustere Ausführungsform darstellt, sind die beiden Übertrager gegen die Einflüsse der Umgebung, in der das Gerät verwendet wird, geschützt. Das Flüssigkeitsstand-Meßgerät besteht aus einem länglichen, hohlzylindrischen Metallrohr 7, in dem in der dargestellten Weise ein Sendeübertrager 8 und ein Empfangsübertrager 9 im Inneren befestigt sind. Das Metallrohr 7 ist mit einer Außenhülle 10 aus einem Kunststoffmaterial, beispielsweise Polytetrafluoräthylen (PTFE) umgeben und ein Abschwächer oder Dämpfer 11 ist am oberen Ende des Gerätes vorgesehen, um die von dem Übertrager nach oben ausgesandten Biegewellen zu absorbieren, damit unerwünschte Reflexionen am oberen Ende des Rohres 7 verhindert werden. Der Boden der Hülle 10 ist durch einen Pfropfen 12 abgedichtet, damit keine Flüssigkeit in das Innere des Rohres 7 eindringen kann. Das Rohr 7 kann aus nichtrostendem Stahl bestehen. Die das Rohr 7 umgebende Hülle 10 dient einmal dazu, das Rohr gegen die Einflüsse der möglicherweise aggressiven Flüssigkeiten zu schützen, in dem es



untergetaucht ist, andererseits dient sie als Trennfläche, die die Ablagerung von aus der Flüssigkeit ausgefällten festen Materialien an der Oberfläche des Flüssigkeitsstand-Meßgerätes verhindert. Die beiden Übertrager 8, 9 sind innerhalb des Rohres 7 durch elektrische Leitungen 13 bzw. 14 verschaltet, wobei die Leitungen durch (nicht gezeigte) Kunststoff-Abstandshalter gestützt sein können.

Die Eintauchtiefender Flüssigkeitsstand-Meßgeräte unterhalb des Flüssigkeitsstandes 5 können mittels der in Figur 3 gezeigten Schaltungsanordnung bestimmt werden. Dabei ist das längliche Element 31 mit Sende- und Empfangsübertragern 32 bzw. 33 ausgerüstet. Ein Oszillator 34 versorgt den Sendeübertrager 32 mit Leistung einer bestimmten Frequenz und die relative Phasenlage der Biegewellen bei den beiden Übertragern wird mittels eines digitalen Phasendetektors 35 gemessen. Die Phasendifferenz, die ein Maß für den Flüssigkeitsstand 5 ist, wird an ein Anzeigegerät 36 weitergeleitet, das eine Umwandlung und Anzeige in Tiefenwerte oder Füllstandshöhen vornimmt.

Eine alternative Ausbildung eines Flüssigkeitsstand-Meßgerätes ist in Figur 4 dargestellt. Hier wird die Frequenz der erzeugten Biegewelle so ausgewählt, daß in einem länglichen Element eine Resonanz erzeugt und aufrechterhalten wird. In diesem Fall sind die Sende- und Empfangsübertrager 41 bzw. 42 an einem flachen Metallstreifen 43 angebracht. Eine Klammer 44 ist am oberen Ende des Streifens 43 angeklemt und der Streifen wird normalerweise dadurch gehalten. Beim praktischen Einsatz wird das obere Ende des Streifens 43 fest oder starr eingeklemmt, während sich das untere Ende frei bewegen kann, so daß die Biegewellen an beiden Enden des Streifens fast total reflektiert werden, so daß mechanische Resonanzen erzeugt werden. Ein Oszillator 45 mit veränderlicher Frequenz wird zur Erzeugung der dem Übertrager 41 zum Aussenden von Biegewellen längs des Streifens 43 benutzten Signale verwendet. Diese Biegewellen werden durch den Übertrager 42 erfaßt, und die Phasenrelation der beiden Übertrager wird

in einem digitalen Phasendetektor 46 verglichen. Bei Resonanz ändert sich die Phasenlage oder die Phasendifferenz abrupt von einem ersten auf einen zweiten Wert, und der Phasendetektor ist so ausgelegt, daß er das Auftreten eines vorbestimmten Wertes zwischen diesen beiden Werten erfaßt; damit wird die Resonanzbedingung im Streifen 43 bestimmt. Der Ausgang des Phasendetektors wird über einen Integrationsverstärker 47 zur Steuerung der Schwingfrequenz des veränderlichen Oszillators 45 weitergeleitet. Die Schwingfrequenz wird so gesteuert, daß die Resonanzbedingung aufrechterhalten bleibt. Wenn sich der Flüssigkeitsstand 5 ändert, muß die Frequenz der Biegewellen so geändert werden, daß die Resonanzbedingungen aufrechterhalten bleiben und diese Frequenzänderung wird durch einen Füllstand-Detektor 48 gemessen, der in Form eines Frequenzzählers ausgeführt sein kann. Die Frequenzänderung ist nicht eine genau lineare Funktion der Füllstandsänderung und der Füllstandsdetektor 48 gleicht die Nichtlinearitäten aus.

Eine Resonanz tritt bei solchen Frequenzen auf, die eine ganze Zahl  $N$  von Halbwellenlängen in dem Streifen 43 ergeben;  $N$  ist dabei die Ordnungszahl der Resonanz. Bei Geräten, die mit hohen Ordnungszahlen betrieben werden, d.h. bei langen Geräten, kann die durch die Eintauchtiefe erzeugte Frequenzänderung größer als der Frequenzabstand zwischen benachbarten Resonanzordnungen sein. Es kann sich so eine Zweideutigkeit bei der Auswahl der Resonanzen ergeben, wenn das Gerät zum ersten Mal eingeschaltet wird. Diese Zwei- oder Mehrdeutigkeit kann jedoch behoben werden, indem man eine annähernde Messung des Flüssigkeitsstandes durchführt und diese Information zur Steuerung des Frequenzgenerators 45 auf annähernd den richtigen Resonanzwert benutzt. Bequemerweise kann die Messung des angenäherten Füllstandswertes dadurch erreicht werden, daß das Gerät zeitweilig mit Resonanz von niedriger Ordnung betrieben wird, bei der eine Mehrdeutigkeit nicht auftritt.

Ein längliches Teil von geringer Länge kann sowohl bei der Resonanz-Betriebsart wie bei der Laufzeit-Betriebsart als einfacher Niveauschalter benutzt werden, um ein Signal abzugeben, wenn beispielsweise ein Flüssigkeitstank bis zu einer vorbestimmten Füllhöhe gefüllt oder geleert wurde.

-11-  
Leerseite

Nummer:  
Int. Cl. 2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

28 39 634  
G 01 F 23/28  
12. September 1978  
22. März 1979

- 13 -

2839634

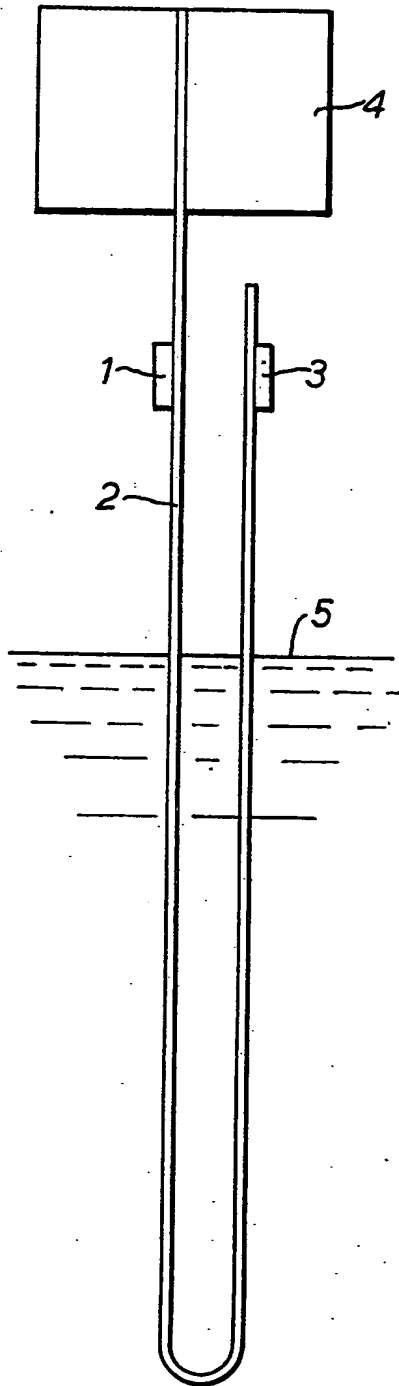


FIG. 1.

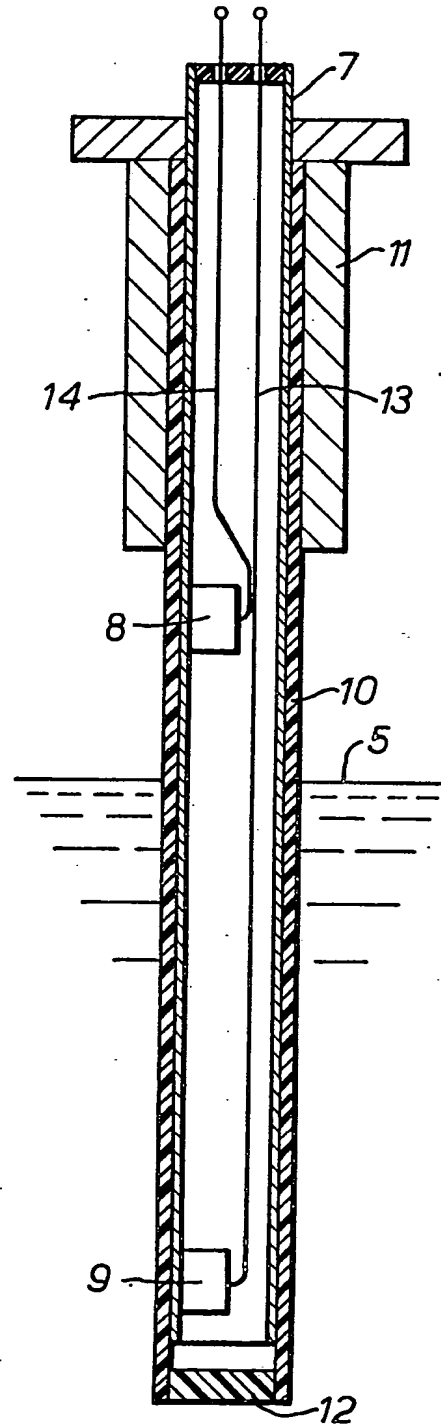


FIG. 2.

909812/0986

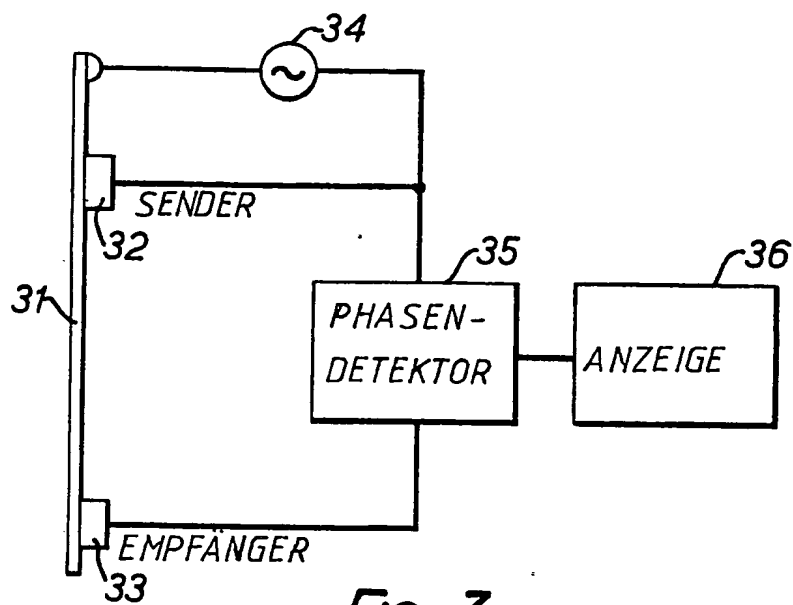


Fig. 3.

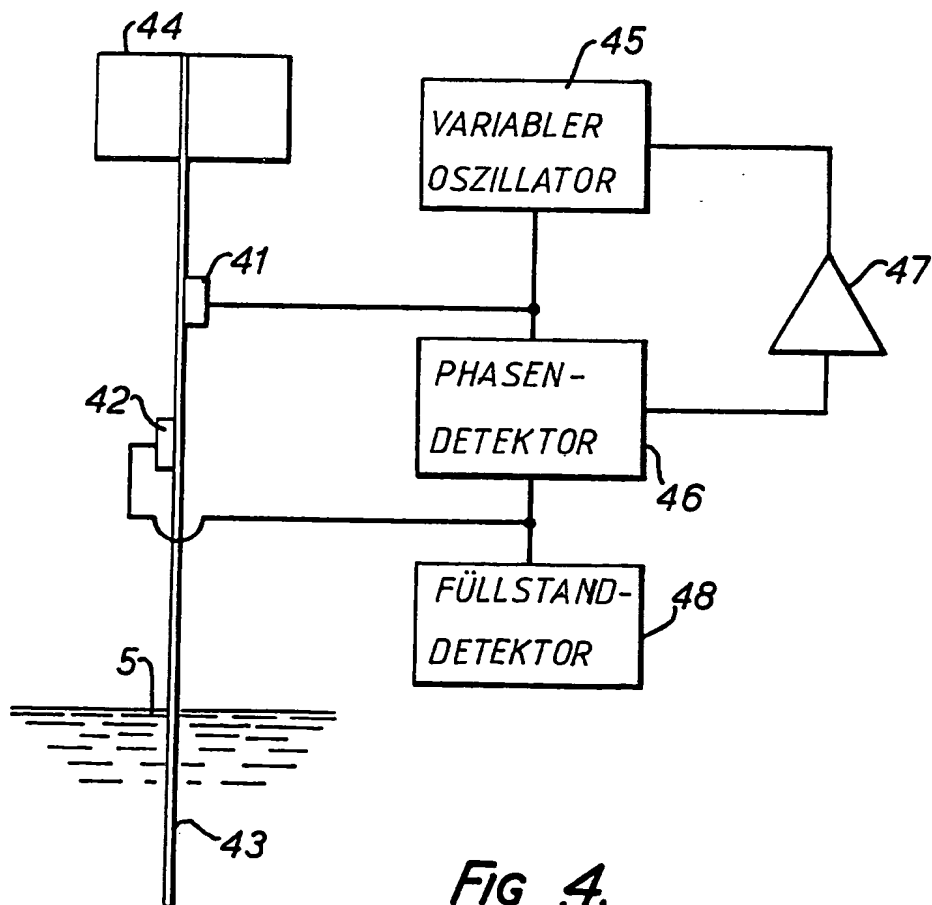


Fig. 4.